

La gestión del riesgo de inundación en Francia el caso de Nantes

Maria Fabrizia Clemente

¹Department of architecture, University of Naples Federico II, mariafabriziaclemente@gmail.com

Zhuyu Yang

²Lab'urba, Université Gustave Eiffel, zhuyu.yang@univ-eiffel.fr

Palabras clave: Inundaciones, evaluación de riesgos, gobernanza, Nantes, red de transporte

Resumen:

Las inundaciones son uno de los fenómenos más complejos y dinámicos y, debido a los crecientes impactos del cambio climático, en Europa como en otras partes, aumentarán en intensidad y frecuencia, a la vez las cuestiones ambientales influirán cada vez más en los proyectos de los ecosistemas de las ciudades. En el proceso de gestión de riesgos, especialmente en el caso de las inundaciones, es fundamental mantener la resiliencia de las infraestructuras críticas, que se ven fuertemente impactadas por este tipo de fenómenos dada la interconexión y en red que provoca la propagación de los daños fuera del perímetro de las zonas inundadas. Se presentarán modelos y metodologías de gestión de proyectos franceses para identificar sus ventajas y aspectos críticos y su posible transferibilidad a otros países europeos. Por mucho tiempo el riesgo de inundaciones se ha considerado como una amenaza para el desarrollo urbano, pero más recientemente es opinión común que los proyectos de adaptación al clima podrían servir de oportunidad a los proyectos de regeneración urbana y a la vez. El estudio de caso será la ciudad de Nantes centro económico y cultural del oeste de Francia con casi 250 km de red viaria consideradas Zonas con riesgo significativo de inundación (TRI) en caso de un evento de inundación extrema. En esta ciudad el proyecto del nuevo CHU (Centre Hospitalier Universitaire) ha sido un elemento clave para la regeneración urbana de Île de Nantes, con especial atención a la accesibilidad.

1. Introducción

Las cuestiones ambientales están adquiriendo cada vez más importancia tanto en la reflexión teórica como en la práctica, impulsando un replanteamiento radical de los procesos de transformación urbana y territorial sensibles a la protección del medio ambiente (Campioli, 2009). El diseño ambiental se enfrenta a la complejidad de un nuevo enfoque de proyecto, basado en un planteamiento sistémico, que busca el equilibrio entre las transformaciones urbanas y el respeto de las prerrogativas naturales y culturales de los territorios (Dierna, 1994) y ofrece una alternativa cultural a la tendencia de diseño limitada a los aspectos morfológicos de los edificios y de las estructuras urbanas (Schiaffonati et al., 2011). El cambio climático orientará progresivamente el proyecto del ecosistema ambiente-ciudad, influyendo en las decisiones políticas y condicionando los enfoques y las metodologías de diseño ambiental. Las ciudades del futuro son móviles, open source y hechas de interacciones electrónicas, se construirán de áreas mixtas donde se mezclarán el trabajo, la recreación y el entretenimiento. Los territorios de la metrópoli contemporánea se convierten en paisajes de nuestra movilidad, trazados por sensores y dibujados por gráficos que captan en tiempo real los movimientos y usos del espacio urbano (Perulli, 2014).

Entre los fenómenos climáticos naturales, las inundaciones son uno de los fenómenos más complejos y dinámicos, y pueden ocurrir debido a diversas causas naturales y antrópicas, como, entre otras, las lluvias fuertes y repentinas, la elevación de los acuíferos o el aumento del nivel del mar. Aunque las inundaciones no pueden predecirse totalmente, una gestión de emergencia adecuada puede reducir considerablemente los daños a las personas y a la infraestructura. La identificación de las zonas de riesgo y el grado de vulnerabilidad de esas zonas es un componente clave para la gestión de emergencias y para la planificación y el diseño de usos y espacios (Forkuo, 2011).

Las infraestructuras críticas, como, entre otras, el sistema eléctrico, el sistema sanitario, el sistema viario o el sistema de distribución de agua, son sujetas a daños por inundaciones, principalmente debido a la extensión y a la ubicación territorial, frecuentemente en áreas planas. Otro aspecto crítico se debe a la naturaleza interconectada y en red de las infraestructuras que causa la propagación de los daños fuera del perímetro de las zonas inundadas, traspasando los límites espaciales, condición que evidencia la necesidad de investigar los riesgos directos e indirectos de manera cualitativa y evaluar la estimación del peligro, tanto en la zona directamente afectada como en las zonas indirectamente afectadas (Pant et al., 2018). Como parte de la infraestructura crítica, la red de transporte por carretera, que ofrece la seguridad y la riqueza de los territorios, permitiendo el movimiento de bienes y personas, se ha convertido en uno de los sistemas urbanos más afectados por el fenómeno de las inundaciones debido a la pérdida de vidas humanas y a los daños económicos. Las inundaciones, de hecho, son los fenómenos climáticos que causan más daño al sector del transporte debido al alto porcentaje de superficies impermeables que impiden la infiltración del agua en el suelo (Pregnotato et al., 2017).

En esta ponencia a cuatro manos, se investigará el tema del diseño urbano en áreas sujetas a riesgo de inundación, se examinará en el contexto de la gestión de riesgos de inundación en Europa, y a continuación se centrará en el marco administrativo francés. Paralelamente, se analizará el tema de las infraestructuras críticas y, en particular, la red de transporte por carretera altamente expuesta al riesgo de inundación; finalmente, se analizará el estudio de caso de Nantes, ciudad francesa, y el proyecto del CHU (Centre Hospitalier Universitaire).

1.1. Los riesgos de inundación en Europa

Las inundaciones extremas más dramáticas, con miles de muertes y considerables daños económicos, se han registrado fuera de Europa, en particular en el Asia meridional, aunque Europa no es inmune y en los últimos años, debido a los crecientes efectos del cambio climático, este fenómeno está aumentando considerablemente (Kundzewicz et al., 2013). En los últimos decenios, los desastres "naturales" han aumentado y, como consecuencia, los costos de los daños correspondientes. Los estudios realizados en el

ámbito científico han demostrado que los costos relacionados con las inundaciones en Europa (para los hogares, las empresas, la infraestructura, etc.), de acuerdo con las tendencias probabilísticas, es previsible que aumenten de un costo anual de 4.500 millones de euros a 23.000 millones de euros anuales en 2050, debido a los efectos del cambio climático y a las tendencias actuales del desarrollo socioeconómico (Jongman et al., 2014).

Inicio de la inundación	Causa	País	Daños (millones de US\$)	Número de fallecidos
2020-01-17	Lluvia intensa, marejada	Francia, España	200	17
2019-11-24	Lluvia intensa, marejada	Francia, Italia, Grecia		7-8
2018-10-04	Lluvia intensa	Italia, Francia, Suiza	200* (France)	65
2002-08-01	Lluvia intensa	Alemania, República Checa, Austria, Italia, Rumania, Bulgaria, Eslovaquia, Ucrania, Hungría, Moldova	27 115	232
2000-10-13	Lluvia intensa	Italia, Francia, Suiza	11 199	13-38
1994-11-04	Lluvia intensa	Italia	20 182	64-83
1983-08-25	Lluvia intensa	España	11 470	40-45
1966-11-04	inundación fluvial	Italia	14 005	70-118

Tabla 01 las principales inundaciones en Europa, elaboración propia a partir de datos de Kundzewicz et al. 2013

En el contexto administrativo, un impulso positivo se ha dado con la introducción de la Directiva Europea 2007/60/CE, que ha obligado a los Estados miembros la elaboración de mapas de peligrosidad (para indicar la posible extensión de las inundaciones en términos de nivel y velocidad), mapas de riesgos de inundación (para indicar los riesgos destacando las posibles consecuencias) y, por último, planes de gestión de riesgos de inundación (para indicar medidas de gestión de emergencias y reducción de daños). En el proceso de gestión del riesgo se identifican cuatro fases, en secuencia: mitigación/prevencción, preparación, respuesta y recuperó al impacto (Alexander, 2002).

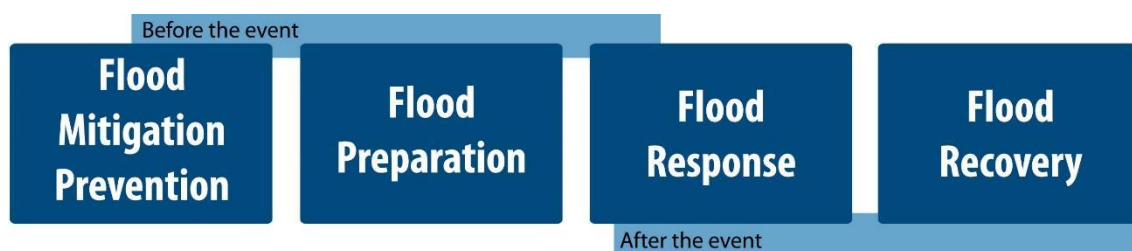


Fig.01 Etapas de la gestión de riesgo por inundación, elaboración propia a partir de (Alexander, 2002)

2. Inundaciones e infraestructuras críticas

En las ciudades, si ocurre un evento de riesgo, es esencial contar con infraestructuras críticas resilientes debido a su función estratégica a fin de aumentar la capacidad de adaptación y evitar posibles efectos indirectos. Los métodos tradicionales de análisis de riesgos de inundaciones ofrecen informaciones útiles, pero no bastan para obtener un cuadro completo de los efectos y de las posibles medidas a fin de aumentar la capacidad de resiliencia de las redes de infraestructura crítica, que requieren enfoques más completos (De

Bruijn et al., 2019). En este sentido, emerge la necesidad de contar con metodologías innovativas de análisis de riesgos, tanto para caracterizar los mecanismos de la vulnerabilidad causada por los desastres naturales, como para determinar las medidas que deben aplicarse antes, durante y después de que se produzca un desastre natural, a fin de proteger los sistemas, limitar los daños y acelerar su vuelta al funcionamiento. La investigación científica en el campo de la ingeniería urbana sigue esta tendencia mediante la introducción del concepto de resiliencia (Gonzva et al., 2016). La resiliencia, a los riesgos naturales y antrópicos, está entonces vinculada a las condiciones funcionales, espaciales y ambientales de los contextos locales y a los procesos de gobernanza, así como a factores técnicos y constructivos (Losasso, 2018).

Dentro de la infraestructura crítica, el sistema de red de transporte constituye un elemento altamente vulnerable, en ausencia de medidas importantes de adaptación estructural y organizativa, los cambios climáticos previstos y las necesidades de movilidad aumentarán la vulnerabilidad ya comprobada de los sistemas de transporte a los desastres naturales (Arkell y Darch, 2006). El funcionamiento de la infraestructura y sus interacciones durante los fenómenos de inundación, tienen consecuencias directas e indirectas sobre el nivel de riesgo de inundación en el entorno construido. Teniendo en cuenta la posibilidad de que las inundaciones puedan afectar a grandes zonas durante largos períodos de tiempo, las perturbaciones del transporte pueden tener efectos en cadena que deben considerarse en el análisis de riesgos; si se consideran los retrasos en los viajes sanitarios, por ejemplo, a un hospital, es evidente que el daño se vuelve intangible (Pyatkova et al., 2019). Sin embargo, en el marco de las infraestructuras sanitarias, los hospitales son un importante punto de apoyo en el proceso de gestión de los riesgos de inundación que pueden ser afectados directamente, con daños al edificio, o indirectamente al limitar la accesibilidad. En caso de que se produzca un desastre natural, los hospitales deben ser seguros y funcionales y ser siempre accesibles dada la función estratégica, por lo que la accesibilidad a través del sistema vial es esencial (FEMA, 2007).

En este escenario el diseño urbano juega un rol fundamental para que las ciudades sean resilientes, a través de una la correcta planificación y diseño de formas, espacios y usos. La complejidad de los fenómenos de inundación reduce la eficacia de los métodos tradicionales de "mantener el agua fuera del territorio ", por lo que las defensas físicas son a veces poco eficaces y tendrían un costo prohibitivo. En este sentido, en muchos países la gestión de los riesgos de inundación está experimentando un cambio de paradigma, que va más allá del enfoque unidimensional y miope de "mantener el agua fuera de los territorios" y se orienta hacia un enfoque más estratégico, holístico y a largo plazo que persigue los objetivos de mitigación, de adaptación y de aumento de la resiliencia. Es posible distinguir tres enfoques distintos, que se caracterizan por diferentes objetivos funcionales: persistencia, adaptación y transformación (Lennon et al., 2014).

2.1. El proyecto en las zonas de riesgo

Desde la antigüedad, las ciudades se han construido cerca de la costa o de los ríos para aprovechar del agua como medios de comunicación y comercio y generalmente, la configuración de las zonas urbanas se ha producido en gran parte sin tener en cuenta el riesgo de inundación (White, 2008). Para protegerse de las inundaciones se han construido defensas como diques, cuya eficacia depende de sus condiciones, de su nivel de prestaciones y de la capacidad de las autoridades de mantener bien estas infraestructuras. En los últimos años, el enfoque de "mantener el agua alejada" ha demostrado ser inútil (Serre, 2016). Muchos experimentos de diseño urbano han nacido en respuesta a los enfoques técnicos de eliminar el agua, a través de acciones de diseño de adaptación y mitigación. En la actualidad es evidente que, para afrontar las múltiples cuestiones del riesgo urbano, relativos a las conexiones, a los flujos y las múltiples dimensiones espaciales y temporales de las ciudades y de los fenómenos naturales, es necesario analizar los aspectos morfológicos, pero asimismo la interacción, así como los "tiempos" del diseño urbano de las nature based solutions (Barroca y Pacteau, 2018).

En las ciudades consolidadas, el enfoque ambiental en las propuestas de recalificación del espacio público está adquiriendo cada vez más un carácter estratégico y operativo (Losasso y D'Ambrosio, 2014). En el

ámbito urbano, las acciones de diseño adaptativo se convierten en una acción estratégica a corto-medio término; las acciones de mitigación se posponen inevitablemente a medio-largo término (D'Ambrosio, 2015).

Con la introducción del concepto de resiliencia los paradigmas de gestión de riesgos cambian. El significado y las nociones del concepto de resiliencia están en el centro del debate académico, aunque la definición exacta de resiliencia puede seguir siendo objeto de debate, las opiniones sobre lo que es importante considerar en la gestión de los fenómenos meteorológicos extremos no difieren significativamente y se pueden identificar cinco puntos: adoptar un enfoque sistémico; mirar además del diseño; construir y preparar la infraestructura según el principio de "permanecer en funcionamiento", aumentar la capacidad de respuesta mediante el análisis del capital social y financiero y, por último, mantener la capacidad de respuesta en el futuro (De Bruijn et al., 2017). La resiliencia adquiere, pues, una nueva dimensión y, al mismo tiempo, se convierte en sinónimo de conocimiento y cultura del riesgo, de fiabilidad de las infraestructuras críticas (concepto opuesto al de vulnerabilidad), de gestión integrada de los recursos, de capacidad de adaptación mediante la adaptabilidad de las necesidades a las capacidades de los servicios y de recupero post-evento (Barroca y Serre, 2013).

El proyecto en zonas con riesgo de inundación es muy complejo y requiere el despliegue de múltiples variables, la resiliencia debe funcionar mediante la adopción de medidas aplicadas a diferentes escalas espaciales y temporales (Serre et al., 2013). Analizar y evaluar el riesgo de inundación es un ejercicio complejo, debido a las características extremadamente dinámicas del fenómeno y requiere el uso de modelos conceptuales, físicos o matemáticos para el despliegue de múltiples factores. Requiere el conocimiento y la aplicación de ecuaciones y modelos hidrodinámicos específicos para comprender el comportamiento del flujo y el conocimiento de los sistemas y subsistemas urbanos que caracterizan el territorio. En la fase de análisis y monitoreo una sinergia particularmente eficaz, ampliamente adoptada por la comunidad científica, es el uso conjunto de las técnicas de teledetección-GIS (Samanta et al., 2018). En síntesis, existen dos estrategias para identificar las áreas de riesgo: la primera utiliza herramientas de modelización complejas, la segunda se basa en la aplicación de algoritmos de clasificación sobre imágenes de teledetección (Sarker et al., 2019).

Los actuales instrumentos de evaluación de los riesgos de inundación están orientados a mostrar las zonas de peligro de inundación sobre la base de mapas, literalmente los mapas muestran "dónde ocurre" y si un sitio no está directamente afectado todo parece estar bien, ignorando los efectos indirectos. En este contexto, las perspectivas de investigación deberían tener como objetivo estudiar indicadores objetivos de los efectos indirectos de las inundaciones en las redes de transporte urbana, en zonas ajenas o directamente contiguas a las zonas inundada (Gil y Steinbach, 2008). Los daños causados por las inundaciones pueden reducirse mejorando la resistencia de la red de transporte y reduciendo su vulnerabilidad. La evaluación del riesgo puede ayudar a comprender cómo el desastre de la inundación afecta a la red viaria y a determinar el método para resolver los problemas. Además, la influencia de la evaluación de los riesgos de inundaciones en la red de transporte por carretera es una parte fundamental de los procesos de gestión de las inundaciones urbanas, especialmente debido a su conectividad para el socorro.

3. Enfoque francés, del riesgo a la planificación

El riesgo de inundaciones aumentará en toda Europa y, entre los países europeos, Francia será uno de los más afectados. Durante mucho tiempo el riesgo de inundaciones se ha considerado una amenaza para el desarrollo urbano, la introducción del enfoque sostenible ha cambiado los paradigmas de los proyectos. El marco administrativo francés puede considerarse como un planteamiento bottom-up, este enfoque favorece una cultura de riesgos profundamente arraigada, una mejor comprensión y una gestión local de las políticas de inundaciones. Este enfoque es posible gracias a la existencia de instrumentos de promoción y difusión del conocimiento del riesgo a nivel territorial, que requiere un estudio detallado de la vulnerabilidad de los territorios sujetos a inundaciones y propone proyectos de desarrollo que los integren. Los nuevos proyectos

deben contribuir a aumentar la capacidad de resiliencia local y facilitar, al mismo tiempo y en mayor escala, el desarrollo urbano orientado a la reducción de riesgos (Barroca y Hubert, 2008).

Desde principios del decenio de 1980, la gestión de las inundaciones en el País ha evolucionado a partir del Plan de Prévention des Risques (PPR), Plan de Prevención de Riesgos, cuyo objetivo era sensibilizar a los habitantes sobre los riesgos naturales y tecnológicos (Dournel et al., 2015). Posteriormente, tras la aprobación de la Directiva europea sobre inundaciones en 2007, se introdujo en 2011, la Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI), Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación cuyo objetivo es la evaluación de los posibles riesgos de inundación en 13 distritos de cuencas hidrográficas para identificar las Territoires à Risque important d'Inondation (TRI), Zonas con riesgo significativo de inundación, zonas con mayor riesgo potencial de inundación y donde los intereses humanos y económicos son mayores.

Debido al proceso de descentralización, la gestión de los riesgos de inundación está siendo administrada cada vez más por las políticas locales, de hecho, aunque no se puede negar la importancia de cada nivel de planificación, la acción del gobierno local se considera un enfoque central para la adaptación de alta calidad de las situaciones locales (Larrue et al., 2016). Sin embargo, a nivel político, no significa que otras escalas administrativas (nacional, regional, metropolitana, etc.) no desempeñen ningún rol en la gestión de inundaciones. Analizando el caso de Nantes Metropole, se identifican diferentes actores a diferentes niveles administrativos:

- Escala nacional: Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE), Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía, identifica 122 TRI en Francia, 22 de los cuales en la región del Loira-Bretagne;
- Escala regional: La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), Dirección Regional de Medio Ambiente, Planificación y Vivienda, identifica 3 escenarios de inundación mapeados - incidencia 20 años, 100 años y 1000 años en la cuenca del Loira-Bretagne;
- A escala local: para Nantes ciudad y en otras 11 comunidades de la metrópolis, una serie de documentos locales adicionales ayudan al gobierno local a comprender mejor las situaciones reales de inundación a nivel territorial, como, entre otros, el Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), Plan de Prevención de Riesgos de Inundación, el Atlas des Zones Inondables (AZI), Atlas de Áreas Inundables, o los estudios hidráulicos locales.

Por tanto la gestión y la evaluación de las inundaciones se basan en una serie de documentos, entre ellos la localización y la monitorización cartográfica de las zonas de riesgo, la adquisición y el análisis de múltiples datos climáticos, sociales y económicos (Duong et al., 2013). La mayor autoridad del gobierno local ha reforzado la influencia de los marcos de evaluación de los riesgos de inundación en la planificación y en los proyectos de usos y formas de los territorios, poniendo en evidencia la necesidad de contar con datos específicos y fuertemente ligados al contexto local. Este planteamiento influye inevitablemente en el desarrollo del sistema local de transporte por carretera.

3.1. Estudio de caso: Nantes

La ciudad de Nantes, situada en el oeste de Francia a orillas del Loira, cuenta una alta concentración de población de más de 646 000 habitantes y de bienes económicos y territoriales potencialmente expuestos al riesgo de inundaciones. De hecho, ha sido clasificada como Zona con Riesgo significativo de Inundación (TRI) por decreto prefectoral de 26 de noviembre de 2012, debido a las importantes consecuencias de las inundaciones a nivel nacional y a la necesidad de protección de 11 municipios de la zona.

La TRI de Nantes, identifica a un total de 480.000 habitantes potencialmente en peligro, entre ellos 290.000 habitantes de Nantes y 266.000 trabajadores que se desplazan diariamente, en la confluencia de tres ríos que han sufrido importantes inundaciones en el pasado: El Loira, el Sèvre Nantaise y el Erdre. Por lo tanto, en

la llanura de inundación se encuentra una importante línea de redes de transporte a riesgo, en caso de inundación extrema es probable que casi 250 km de la red viaria se vean interrumpidos. Además, existen 150 km de líneas de transporte público (principalmente líneas de autobuses, que representan el 96% de las líneas expuestas) incluidas en el TRI de Nantes. A fin de profundizar los conocimientos a una escala más detallada, identificar las decisiones y compartir las prioridades, ha sido necesario implementar los datos del TRI mediante el mapeo de los riesgos de inundación basados en 3 escenarios: inundación frecuente de alta probabilidad (período de retorno 20 años); inundación intermedias de probabilidad media (período de retorno 100 años - equivalente a la peligro de referencia del PPRI del Loira); inundación extrema, de baja probabilidad (período de retorno 1000 años) (SLGRI de Nantes, 2017a).

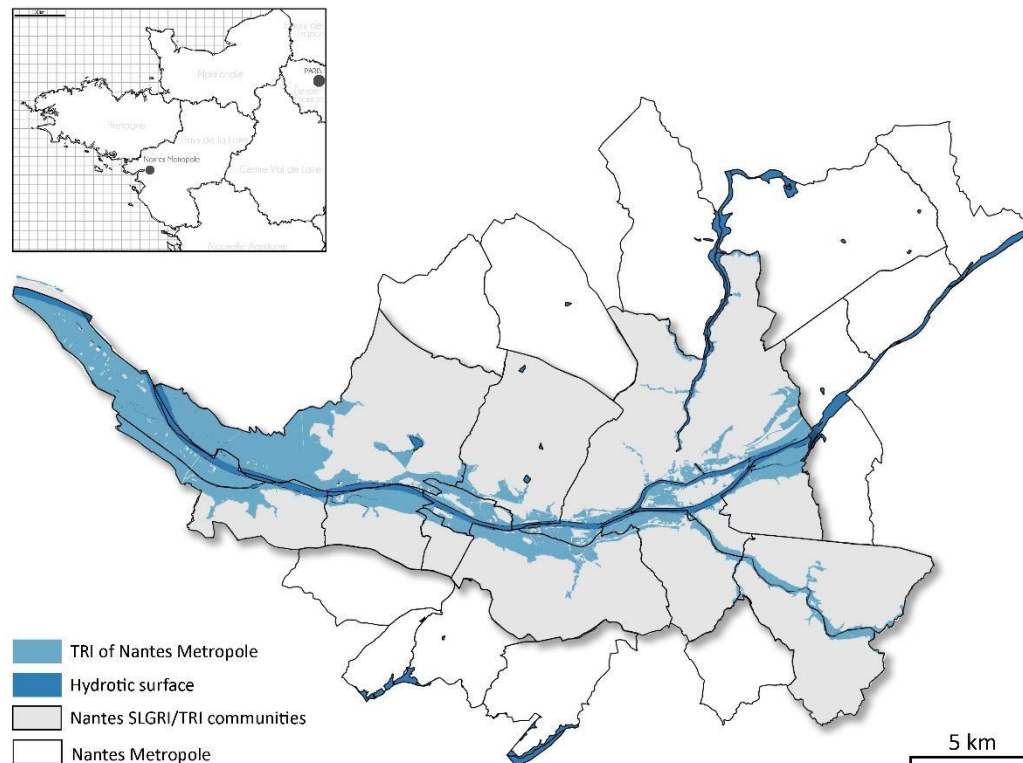


Fig. 02 Nantes Metropole y TRI, elaboración propia a partir de (SLGRI de Nantes, 2017b)

Como se ha introdujo, el TRI no es el único dispositivo de la evaluación de las inundaciones locales francesas que apoya la gestión de los fenómenos de riesgo y la planificación y diseño de usos y espacios. Como se indica en el informe Cartographie des zones inondables sur Nantes de PLU de 2016, las series de resultados de la modelización de las zonas inundables existentes guían la gestión territorial de Nantes, como, entre otros, el AZI, el PPRI y varios hidráulicos locales.

El Atlas de las zonas inundables de Valle de la Loire desde Saint-Sébastien-sur-Loire hasta Le Pellerin (AZI, 2006), Atlas des zones inondables de la Vallée de la Loire de Saint-Sébastien-sur-Loire au Pellerin, elaborado por Nantes, se actualizó en octubre de 2014 y ofrece a las autoridades locales y al público informaciones sobre el riesgo histórico de inundaciones en forma escrita y cartográfica. Proporciona un mapa de riesgo de inundación que define una zonificación según la intensidad del fenómeno observable, dividido en tres clases de peligro basadas en la altura de sumersión: peligro bajo (sumersión por debajo de 1,00 m), peligro medio (sumersión por debajo de 1,00 m hasta 2,00 m) y finalmente peligro fuerte y muy fuerte (sumersión por encima de 2,00 m).

El PPRI tiene por objeto reducir el número de personas y bienes expuestos y reducir su vulnerabilidad. En el caso de las zonas urbanas, las zonas de inundación se clasifican en dos: de alto peligro, que corresponde a una altura de inundación de al menos un metro, y de peligro moderado (medio o bajo), que corresponde a una altura de inundación de menos de un metro. Esta clasificación ofrece informaciones sobre la naturaleza del peligro y el carácter más o menos restrictivo de las normas correspondientes (PPRI Loire Aval, 2014).

Todos los documentos mencionados constituyen el marco de evaluación y gestión de inundaciones para orientar estrategias, planes y proyectos. El objetivo de Nantes Métropole es tener una delimitación exhaustiva y completa de las zonas expuestas al riesgo de inundación, enriqueciendo los conocimientos actuales sobre el riesgo de inundación, a partir de los resultados de la zonificación existente, al fin de adaptar su planificación urbana y la gestión de su territorio a la gestión de los riesgos de inundación.

Por último, en cuanto al plan urbano, el Plan Local d'Urbanisme Métropolitain (PLUm de Nantes Métropole, 2019), Plan Urbano Local, aprobado por el Consejo Metropolitano el 5 de abril de 2019, define y organiza el desarrollo del territorio y de los 24 municipios del área metropolitana hasta 2030 e indica ríos y zonas húmedas de interés ecológico, pero también social, cultural y paisajístico; estas zonas deberían ser elementos clave para una mejor prevención de las inundaciones. Para proteger a los habitantes y mantener la ciudad resistente al riesgo de inundación, todos los proyectos de planificación urbana deben respetar esta estrategia de desarrollo sostenible y los requisitos del PPRI.

4. El Centre Hospitalier Universitaire (CHU)

La Île de Nantes se sitúa en el centro del tramo del Loira que atraviesa la ciudad francesa, es un territorio de 337 hectáreas en el corazón de la ciudad, frente al casco antiguo. Tras el cese de las actividades industriales (astilleros), se ha convertido en un lugar clave para el desarrollo de la ciudad, un crecimiento que ya no pretende ser expansivo, sino que se orienta estratégicamente a operar dentro del propio tejido urbano, planteando la mezcla funcional, la calidad de vida y el atractivo económico y cultural como rasgos característicos de las nuevas actuaciones. El Centre Hospitalier Universitaire (CHU) ocupa una superficie aproximada de 8,5 hectáreas y es el corazón del proyecto, situado en la parte suroeste de la Île, diseñado para encajar en el tejido de la ciudad, integrándose en él a diferentes escalas (barrio, Île de Nantes, ciudad, área metropolitana) y formando parte de la vida cotidiana y de los itinerarios habituales porque fue imaginado, incluso antes de ser diseñado realmente, como un motor de desarrollo económico, social y cultural: parte de la ciudad y no un enclave autorreferencial (Botti, 2017).



Fig. 03 Perspectiva del nuevo hospital CHU, fuente: (Art & Build Architecte/Pargade/Samoa, www.iledenantes.com)



Fig. 05 Zonas inundables, elaboración propia a partir de datos de, en orden, las zonas urbanas afectadas por (PPRI, 2014); las zonas urbanas afectadas por (SLGRI de Nantes, 2017a) y las zonas urbanas afectadas por (AZI, 2006).

Como resultado y como se explica el informe del proyecto, todas las carreteras creadas por el futuro CHU, en particular la extensión del boulevard Bénoni Goullin, estarán por encima de la línea de inundación de los 1000 años, además, dos accesos principales al CHU uno desde el norte y otro desde el sur del Loira-Bretagne, seguirán siendo siempre accesibles en cualquier condición climática. Estos accesos consideran una tolerancia en algunos puntos bajos de la carretera de 20 cm de agua, considerados aceptable para permitir la circulación de un vehículo ligero y de un vehículo de emergencia. Otras rutas podrían ser afectadas por inundaciones temporales, condición que será especificada en los planes de gestión de crisis, por ejemplo la Avenida Carnot, para facilitar una mejor gestión de las emergencias.

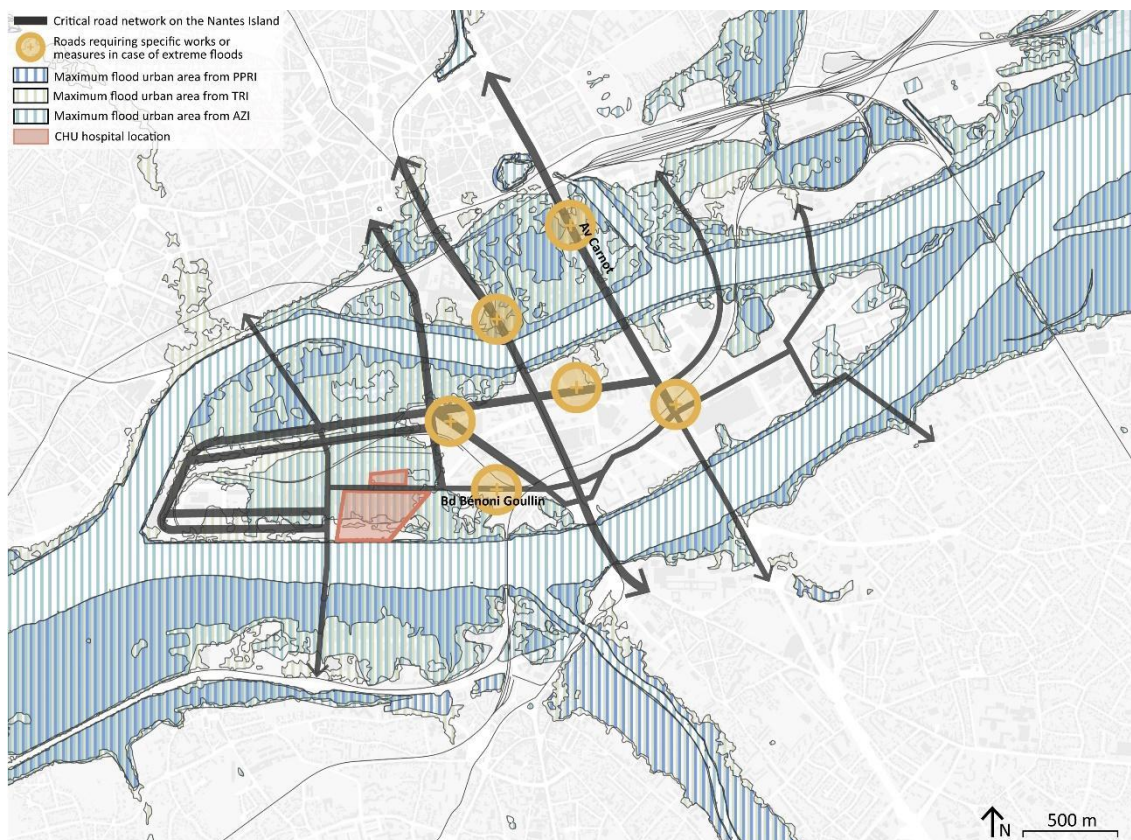


Fig. 06 CHU y accesibilidad en caso de inundación, elaboración propia a partir de: (Proyecto de la Isla de Nantes, 2018), (PPRI 2014), las zonas urbanas afectadas por (SLGRI de Nantes, 2017a) y las zonas urbanas afectadas por (AZI, 2006).

Asimismo, se adoptarán medidas de contención de las inundaciones con respecto al edificio, como especifica el informe del proyecto. La planta baja del hospital se construirá 40 cm por encima del nivel de riesgo de inundación, en el sótano no habrá ninguna sala técnica sensible y las dos entradas principales siguen siendo accesibles en caso de inundación. Además, a fin de mantener el hospital siempre operativo, se han elaborado recomendaciones para cada una de las redes que abastecen al CHU (redes de agua potable, aguas residuales, electricidad, calefacción y telecomunicaciones) tanto para los operadores de infraestructura específica como para los operadores del hospital.

En la ciudad de Nantes, el gobierno local ya ha adoptado varias políticas e iniciativas concretas para mejorar la gestión de las emergencias en caso de inundaciones en la red de transporte, entre ellos el documento estratégico "Périphérique de Nantes - Enjeux et Projets" de 2016 pretende mejorar la gestión resiliente de las carreteras de circunvalación, mejorando el sistema de información para los viajeros, proponiendo rutas alternativas y alertando lo antes posible de cualquier cierre cuando el riesgo de inundación sea inminente.

5. Conclusiones

El diseño en la zona de riesgo de inundación suele ser complejo y requiere el apoyo de instrumentos específicos de soporte a las decisiones. En la gestión de los riesgos de inundación, las perspectivas de los proyectos no deben centrarse en la "defensa" mediante el dominio del ciclo hidrológico natural con intervenciones intensivas, costosas e inflexibles, si no favorecer modelos de diseño innovadores y más adaptables. En los proyectos de regeneración urbana es oportuno tender a la resiliencia del lugar para lograr formas de evolución más sostenibles, prestando atención al potencial multifuncional de los sitios.

Tanto por la gestión de emergencias como por la planificación de los usos y de los espacios el marco administrativo, vinculado a los planes y políticas, es un elemento clave. En el contexto de las políticas de gestión de los riesgos de inundación en Europa, se dio un importante impulso con la introducción de la Directiva Europea de 2007. En este contexto, la experiencia francesa ofrece un ejemplo de cómo la evaluación de los riesgos de inundación puede aplicarse a la planificación de la infraestructura crítica sin ser una amenaza para el desarrollo urbano. El enfoque francés aparece muy eficaz en la gestión fuertemente ligada al contexto local, sin embargo, se necesitan nuevas perspectivas de investigación centradas en la integración del riesgo y la vulnerabilidad de las inundaciones en la planificación espacial, porque los documentos de planificación urbana y los mapas de reglamentación de las inundaciones suelen establecerse por separado. En este sentido, los proyectos de adaptación al clima podrían servir de oportunidad a los proyectos de regeneración urbana y viceversa.

La ciudad de Nantes está sujeta a inundaciones, pero esto no ha detenido al gobierno en el lanzamiento de programas y políticas de regeneración, ejemplar es el proyecto para la Île de Nantes, cuyo corazón está representado por el hospital CHU. La decisión de ubicar el hospital en una zona de riesgo ha solicitado una atención especial tanto por el carácter crítico de la infraestructura, un hospital debe estar siempre en funcionamiento, como por su carácter estratégico, el hospital debe estar siempre accesible. El proyecto emblemático del hospital CHU demuestra la necesidad de diseñar minuciosamente tanto el edificio como el sistema de accesibilidad para evitar lo que ocurrió en Carcasona, Francia, durante la inundación del verano de 2018, que causó considerables daños al hospital.

Los fenómenos de inundación, debido a los crecientes impactos del cambio climático, serán cada vez más intensos y frecuentes y, por lo tanto, en Nantes, como en otros lugares, la planificación sostenible se convierte en una prioridad. En el proceso de gestión de los riesgos de inundación, la red viaria es un elemento crítico en el movimiento de socorro y los hospitales, dada su función estratégica, deben ser siempre accesibles y operativo. El funcionamiento de los hospitales depende directamente del sistema de transporte, por lo que, a partir del concepto de interdependencia de la infraestructura crítica, es importante comprender cómo

interactúan. Resulta necesario adoptar metodologías integradas en la evaluación de riesgos, que sobrepasen los límites espaciales definidos del evento.

6. Bibliografía

Alexander, D.E. 2002. *Principles of Emergency Planning and Management*, (42-44). Edinburgh: Dunedin Academic Press Ltd.

Botti, M. 2017. Il Centre Hospitalier Universitaire (CHU) nell'Ile de Nantes. En G. Cappochin, M. Botti, G. Furlan, S. Lironi (comps.), *Green Capitals. Esperienze di rigenerazione urbana sostenibile* (114-122). Siracusa: Lettera ventidue.

Campioli A. 2009. Sostenibilità ambientale: progetto vs destino. En M. Bertoldini, A. Campioli (comps.), *Cultura tecnologica e ambiente* (101-111). Trofarello: Città studi edizioni.

Dierna S. 1994. Innovazione tecnologica e cultura dell'ambiente. En R. La Creta, C. Truppi (comps.), *L'architetto tra tecnologia e progetto* (134-157). Milano, Franco Angeli.

Perulli, P. 2014. Introduzione: per un Atlante della società globale. En P. Perulli (comps.), *Terra mobile. Atlante della società globale*, (3-19). Einaudi.

Fuentes electrónicas

Arkell, B., Darch, G., 2006. Impact of climate change on London's transport network, In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Municipal Engineer 159, Issue ME4, 231-237. Para más información consultar el sitio: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/muen.2006.159.4.231> (Consulta: 03/06/2020).

AZI. 2006. Atlas de las zonas inundadas del valle del Loira desde Saint-Sébastien-sur-Loire hasta Le Pellerin. D.D.E de Loire-Atlantique, Dirección Departamental de Obras Públicas de Loire-Atlantique (2006), actualizado en 2014. Para más información consultar el sitio: www.loire-atlantique.gouv.fr (Consulta: 20/03/2020).

Barroca, B., Hubert, G. 2008. Urbaniser les zones inondables, est-ce concevable? Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, Dossier 11. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.4000/developpementdurable.7413 (Consulta: 20/03/2020).

Barroca, B., Pacteau C. 2018. Resilience and urban design: what does the French flood of 2016 teach us? *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment* (Firenze), 15, 31-38. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.13128/Techne-23199 (Consulta: 09/03/2020).

Barroca, B., Serre, D. 2013. Behind the barriers: a resilience conceptual model. *SAPI EN. S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 6.1. Para más información consultar el sitio: <https://journals.openedition.org/sapiens/1529> (Consulta: 04/05/2020).

Cartografía de las zonas inundables del territorio de Nantes Métropole para la elaboración del PLU intermunicipal, Fase 1. Julio 2 de 2018. Nantes Métropole. Para más información consultar el sitio: www.plum.nantesmetropole.fr (Consulta: 20/03/2020).

CHU de Nantes - Dossier de prensa - Presentación del nuevo hospital de la isla de Nantes. 1 de Julio de 2015. Hospital Universitario de Nantes (2015). Para más información consultar el sitio: www.reseau-chu.org (Consulta: 27/03/2020).

Périphérique de Nantes - Enjeux et Projets. 2016. DREAL des Pays de la Loire, Dirección Regional de Medio Ambiente, Desarrollo y Vivienda de los Países del Loira. Para más información consultar el sitio: www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr (Consulta: 25/03/2020).

D'Ambrosio, V. 2015. Conoscenza del sistema urbano e progetto ambientale climate adaptive. En D'Ambrosio, V., Leone, M.F. (comps), *Progettazione ambientale per l'adattamento al climate change vol.1* (26-37), Napoli, Clean edizioni. Para más información consultar el sitio: <http://www.sitda.net/downloads/biblioteca/Environmental%20Design%20for%20Climate%20Change%20adaptation.%201.%20Innovative%20models%20for%20the%20production%20of%20knowledge.pdf> (Consulta: 01/07/2020).

De Bruijn, K., Buurman, J., Mens, M., Dahm, R., Klijn, F. 2017. Resilience in practice: Five principles to enable societies to cope with extreme weather events. *Environmental Science Policy*, 70, 21-30. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1016/j.envsci.2017.02.001 (Consulta: 19/02/2020).

De Bruijn, K., Maran, C., Zygnerski, M., Jurado, J., Burzel, A., Jeuken, C., Obeysekera, J. 2019. Flood Resilience of Critical Infrastructure: Approach and Method Applied to Fort Lauderdale, Florida. *Water*, 11. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.3390/w11030517 (Consulta: 18/02/2020).

Dournel, S., Gralepois, M., Douvinet, J. 2015. Les projets urbains en zones inondables communiquent-ils sur les risques? Regard sur les politiques d'aménagement de quartiers à Saint-Étienne, Orléans et Nantes. *Belgeo. Revue belge de géographie*, 1. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.4000/belgeo.16691 (Consulta: 19/02/2020).

Duong, Q. 2013. Overview of Standards in France for Hazard Monitoring, Databases, Metadata and Analysis techniques to support Risk Assessment. Para más información consultar el sitio: <https://public.wmo.int/en> (Consulta: 9/03/2020).

EPRI. 2011. Evaluación preliminar del riesgo de inundación, hallazgos clave - 2011. Julio de 2012. MEDDE, Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía (2012. Para más información consultar el sitio: www.ecologie-solidaire.gouv.fr (Consulta: 22/04/2020).

FEMA - Federal Emergency Management Agency. 2007. Design Guide for Improving Hospital Safety in Earthquakes, Floods and High Winds Providing Protection to People and Buildings, New York. Para más información consultar el sitio: www.fema.gov (Consulta: 24/02/2020).

Forkuo, E. K. 2011. Flood Hazard Mapping using Aster Image data with GIS. *International journal of geomatics and geosciences*, 1, n.4, 932-950. Para más información consultar el sitio: <http://www.ipublishing.co.in/jggsvol1no12010/EIJGGS2051.pdf> (Consulta: 19/02/2020).

Gil, J., Steinbach, P. 2008. From flood risk to indirect flood impact: evaluation of street network performance for effective management, response and repair. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 118, 335-344. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.2495/FRIAR080321 (Consulta: 26/03/2020).

Gonzva, M., Gautier, P. E., Barroca, B., Diab, Y. 2016. La résilience des systèmes de transport : des défaillances par effet domino vers des stratégies d'exploitation dégradée. En Bernard Landau, Youssef Diab, *Résilience, vulnérabilité des territoires et génie urbain*, Presses des Ponts, 1-9. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01677500> (Consulta: 18/01/2020).

Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J. C. J. H., Mechler, R., Botzen, W. J. W., Bouwer, L. M., Pflug, G., Rojas, R. & Ward, P. J. 2014. Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. *Nature Climate Change*, 4, 264-268. Para más información consultar el sitio: [doi:10.1038/nclimate2124](https://doi.org/10.1038/nclimate2124) (Consulta: 12/02/2020).

Kundzewicz, Z.W., Pińskwar, I., Brakenridge, G.R. 2013. Large floods in Europe, 1985–2009. *Hydrological Sciences Journal*, 58 (1), 1–7. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1080/02626667.2012.745082 (Consulta: 25/03/2020)

Larrue, C., Bruzzone, S., Lévy, L., Gralepois, M., Schellenberger, M., Trémorin, J. B., Thuillier, T. 2016. Analysing and evaluating flood risk governance in France: from state policy to local strategies. Para más información consultar el sitio: <https://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-01981420/> (Consulta: 26/03/2020).

Lennon, M., Scott, M., O'Neill, E. 2014. Urban Design and Adapting to Flood Risk: The Role of Green Infrastructure. *Journal of Urban Design*. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1080/13574809.2014.944113 (Consulta: 25/03/2020).

Losasso, M. 2018. Progetto, Ambiente, Resilienza | Design, Environment, Resilience. *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, 15, 16-20. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.13128/Techne-23195 (Consulta: 11/11/2019).

Losasso, M., D'Ambrosio V. 2014. Progetto ambientale e riqualificazione dello spazio pubblico: il grande progetto per il centro storico di Napoli sito Unesco. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment* (Firenze), 7, 64-74. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.13128/Techne-14533 (Consulta: 01/07/2020).

Pant, R., Thacker, S., Hall, J., Alderson, D., Barr, S. 2018. Critical infrastructure impact assessment due to flood exposure. *Journal of Flood Risk Management*, 11, 22-33. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1111/jfr3.12288 (Consulta: 15/04/2020).

PLUm. 2019. Plan Local de Urbanismo Metropolitano de Nantes Metropole. Abril de 2018. Nantes Métropole. Para más información consultar el sitio: <https://plum.nantesmetropole.fr/> (Consulta: 27/03/2020).

PPRI Loire Aval. 2014. Plan de prevención de riesgos de inundación del río Loira aguas abajo en la aglomeración urbana de Nantes - Nota de presentación. Febrero de 2014. DDTM de la Loire Atlantique, Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Loire Atlantique (2014). Para más información consultar el sitio: www.loire-atlantique.gouv.fr (Consulta: 31/03/2020).

Pregolato, M., Ford, A., Wilkinson, S. M., Dawson, R. J. 2017. The impact of flooding on road transport: A depth-disruption function. *Transportation research part D: transport and environment*, 55, 67-81. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.020 (Consulta: 26/03/2020).

Proyecto de la Isla de Nantes, estudio de reglamentación, evaluación del impacto - volumen 2. Noviembre de 2018. ARTELIA - Ville e Transport Direction Régionale Ouest (2018). Para más información consultar el sitio: www.loire-atlantique.gouv.fr (Consulta: 20/03/2020).

Pyatkova, K., S. Chen, A. S., Butler, D., Zoran Vojinović, Z., Djordjević, S. 2019. Assessing the knock-on effects of flooding on road transportation, *Journal of Environmental Management*, 244, 48-60. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.013 (Consulta: 10/02/2020).

Samanta, S., Pal, D.K., Palsamanta, B. 2018. Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model. *Applied Water Science*, 8, 66. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1007/s13201-018-0710-1 (Consulta: 12/02/2020).

Sarker, C., Mejias, L., Maire, F., Woodley, A. 2019. Flood Mapping with Convolutional Neural Networks Using Spatio-Contextual Pixel Information. *Remote Sensing*, 11. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.3390/rs11192331 (Consulta: 12/02/2020).

Schiaffonati, F., Mussinelli, E., Gambaro, M. 2011. Tecnologia dell'architettura per la progettazione ambientale. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment* (Firenze), 1, 48-53. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.13128/Techne-9434 (Consulta: 11/11/2019).

Serre, D. 2016. Advanced methodology for risk and vulnerability assessment of interdependency of critical infrastructure in respect to urban floods. *E3S Web Conference, 3rd European Conference on Flood Risk Management*, 7, 1-10. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1051/e3sconf/20160707002 (Consulta: 09/03/2020).

Serre, D., Barroca B., Laganier, R. (2013). *Resilience and Urban Risk Management*. CRC Press Balkema. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1201/b12994 (Consulta: 04/05/2020).

SLGRI de Nantes. 2017a. Estrategia de gestión local de los riesgos de inundación de la TRI de Nantes, diagnóstico territorial. Enero de 2017, Nantes Metropole (2017). Para más información consultar el sitio: www.loire-atlantique.gouv.fr (Consulta: 24/03/2020).

SLGRI de Nantes. 2017b. Estrategia de gestión local de los riesgos de inundación de la TRI de Nantes. Enero de 2017. Nantes Métropole (2017). Para más información consultar el sitio: <https://metropole.nantes.fr/> (Consulta: 24/03/2020).

White, I. 2008. The absorbent city: urban form and flood risk management. *Proceedings of the ICE-Urban Design and Planning*, 161, 151-161. Para más información consultar el sitio: doi.org/10.1680/udap.2008.161.4.151 (Consulta: 19/02/2020).